第2章

FPGAの消費電力を見積もる

―― Altera社PowerPlay活用チュートリアル

小林憲司

ここではFPGAベンダが提供する消費電力見積もりツールの活用法を解説する．FPGAは，実装される回路によって消費電力が変わるため，消費電力の見積もりが重要になる．米国Altera社のFPGA向けの見積もりでは，2種類のツールを使い分ける．設計初期段階では，表計算ソフトウェアをベースとしたものを使い，入力したパラメータをもとに見積もる．FPGAに実装する回路がある場合は，Quartus IIに組み込まれた機能を使う．配置配線結果やシミュレーション結果をもとに，比較的精度の高い見積もりが可能となる．　（編集部）

米国Altera社のFPGA向け消費電力見積もりツールは2種類あります．

「PowerPlay Early Power Estimator」は，表計算ソフトウェアのExcelを利用して消費電力を見積もります．FPGAの論理設計を始める前であっても，簡易なパラメータを入力するだけで使うことができます．

「PowerPlay Power Analyzer」は，Quartus IIの機能の一部として提供されています．配置配線結果やシミュレーションの結果をもとに消費電力を見積もります．

これら二つのツールを，それぞれコンセプト検討から設計完了までの段階に応じて，使い分けることになります（**図1**）．PowerPlay Early Power Estimatorは，FPGAの論理設計を開始する前，もしくは完了前に利用します．FPGAの論理設計が完了していない段階なので概算による見積もりということになります．仕様検討や設計検討を行う段階の検討ツールといえます．PowerPlay Power Analyzerは，FPGAに実装する論理の設計が完了したあと，そのデータを使用するので，PowerPlay Early Power Estimatorと比べて精度の高い消費電力の見積もりになります．FPGA設計の完了に近い段階で，電源容量や熱対策の最終的な確認のために使用します．

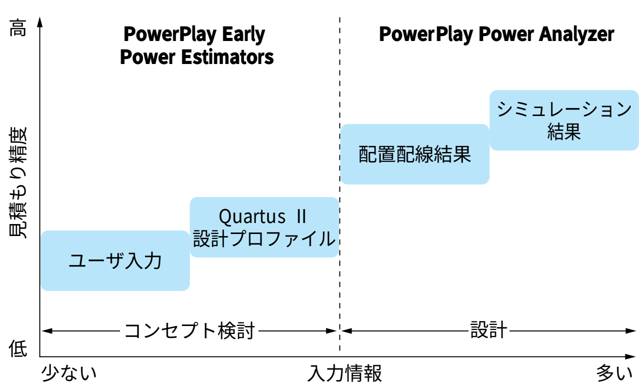


図1　米国Altera社のFPGA向け消費電力見積もりツールの役割
PowerPlay Early Power Estimatorは，FPGAの論理設計を開始する前，もしくは完了前に利用する．PowerPlay Power Analyzerは，FPGAに実装する論理の設計が完了した段階で使用する．二つのツールは見積もり方式と精度が異なる

1 PowerPlay Early Power Estimatorの使いかた

PowerPlay Early Power Estimatorは，表計算ソフトウェアExcelをベースにしたシートで構成されています（以下，PowerPlay Early Power Estimatorのシートのことをたんに「シート」と呼ぶ）．シートは，Altera社のWebサイトにFPGAファミリごとに用意されているので，必要なものをダウンロードします（**図2**）．

KeyWord　FPGA，消費電力見積もりツール，PowerPlay Early Power Estimators，PowerPlay Power Analyzer，Quartus II，MegaWizard，DDR SDRAMコントローラ，saf

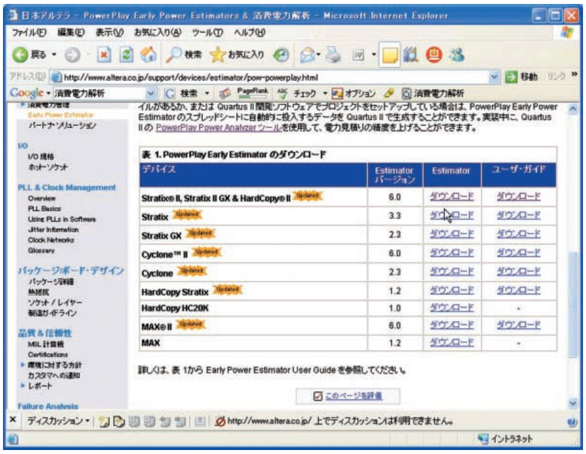


図2 PowerPlay Early Power Estimatorの見積もりシートのダウンロード・ページ

PowerPlay Early Power Estimatorは，Stratix，Cyclone，HardCopyなどのファミリがサポートしている．URLは，http://www.altera.co.jp/support/devices/estimator/pow-powerplay.html

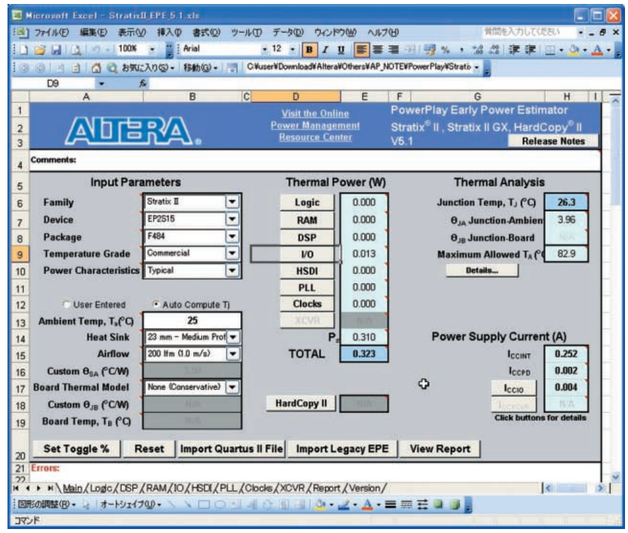


図3 PowerPlay Early Power Estimatorのメイン・ページ

FPGAの持つ機能ごとにタブが用意されているので，順番に入力していく

注意しなければならないのが，すべてのFPGAファミリの消費電力を見積もれないことです．図2のダウンロード・ページを見ると，古いファミリがありません．これから設計を開始する場合に使う現在主流のファミリは対応しています．バージョンアップも行われているので，使うたびに最新版をダウンロードしたほうがよいでしょう．

ダウンロードしたシートを開くと，マクロを有効にするアイコンが表示されるので，「マクロを有効にする」を選択します．これはExcel上のVBAマクロを使用しているために表示される確認メッセージです．

● パラメータは手で入力する

FPGAファミリごとにシートの構成や設定項目が異なります．ここではStratix II向けのシートを例に説明します．

図3のようなメイン・ページが開いたら，パラメータを入力していきます．FPGAの持つ機能ごとにタブが用意されているので，順番に入力していきます．例えば，論理ブロックについては「Logic」タブ，乗算器/積和演算器については「DSP」タブ，内蔵メモリについては「RAM」タブのようになります．これらのタブを選択すると，詳細情報を入力するページにジャンプするので，パラメータを入力します．［Return］ボタンをクリックすると，メイン・シートに戻ります．最初はとまどいますが，慣れてくれば割と使いやすいと思います．また，パラメータ入力は複雑に見えますが，各項目にはコメントもあり，わかりやすくなっています．

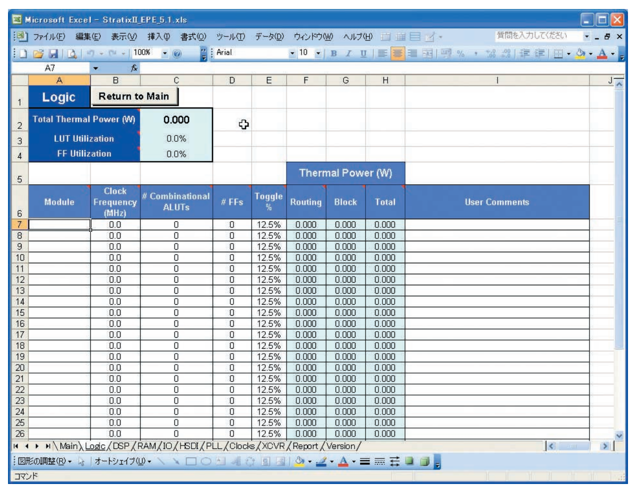
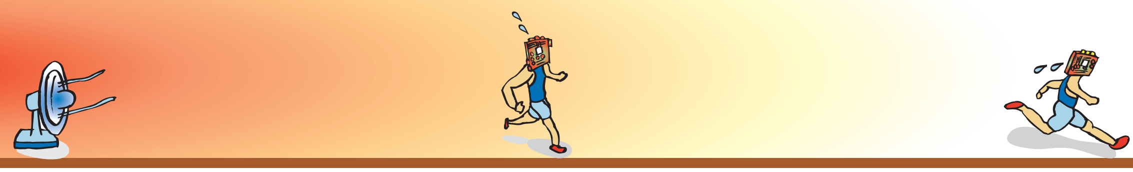


図4 PowerPlay Early Power Estimatorの論理ブロックに関するパラメータ入力画面

機能ブロックごとに動作周波数やALUT使用数，フリップフロップ数，トグル率を設定する

しかし，項目が多ければやはり入力がたいへんになることは事実です．例えば図4の「Logic」タブでは，機能ブロックごとに動作周波数，ALUT（Stratix IIの基本論理ブロックALMを構成するルックアップ・テーブル）使用数，フリップフロップ数，トグル率を設定する必要があります．コンセプト検討段階で，おおざっぱな情報が得られれば十分な場合は，過去の経験からおおよその値を入力すればよいでしょう．しかし設計が進んで，もう少し見積もり値の精度を上げたくなったときに，機能ブロックごとに細かい



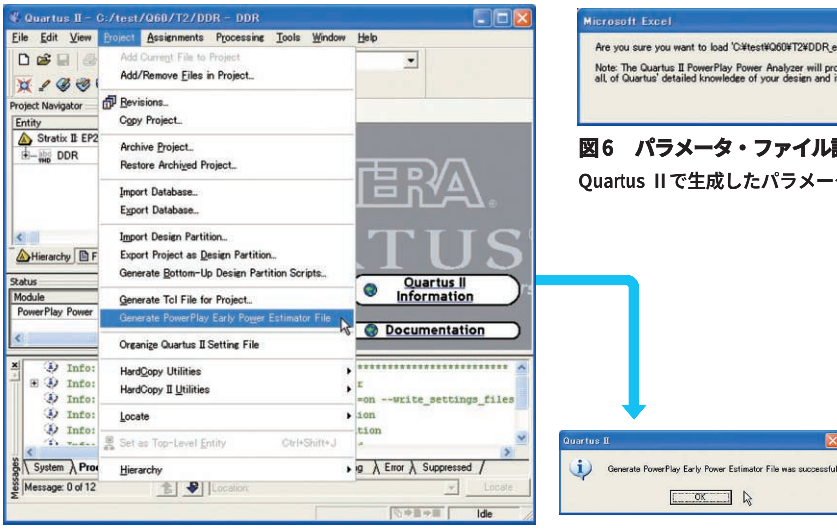


図5　パラメータをQuartus IIで生成する

Quartus IIで設計中のプロジェクトを開いている状態で，メニューから「Project」→「Generate PowerPlay Early Power Estimator File」を選択する

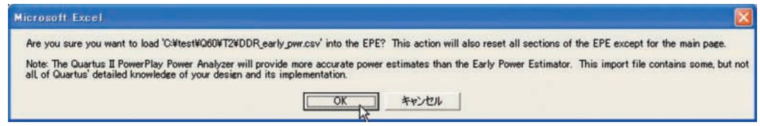
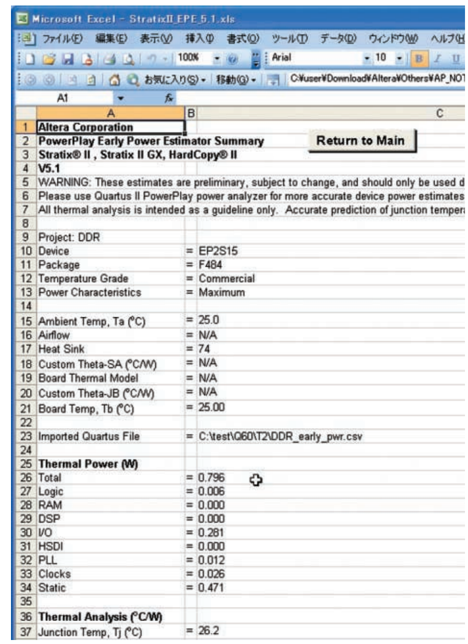


図6　パラメータ・ファイル読み込みの確認

Quartus IIで生成したパラメータを読み込む際に表示される



▶ 図8
View Report画面
消費電力の見積もり結果を確認する

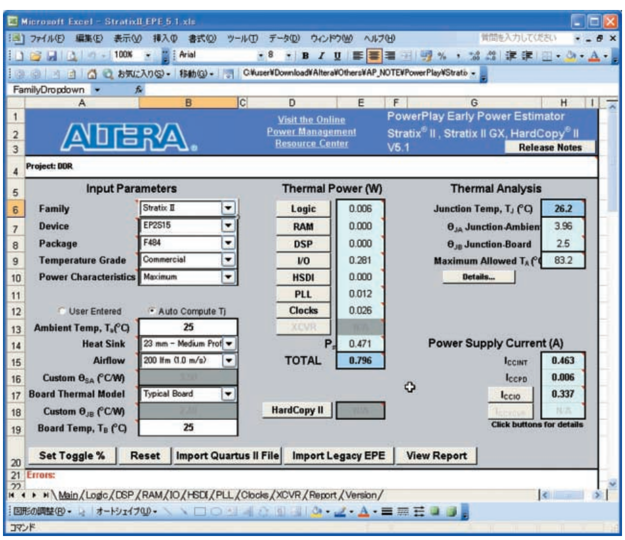


図7　パラメータ読み込み後のメイン・ページ

Quartus IIで生成したパラメータが読み込まれて，そのパラメータによる見積もりが行われている

論理ブロック使用率やトグル率を入力するのはたいへんです．また，そもそもイメージしにくいものです．

● パラメータをQuartus IIで生成する

　そこでここでは，少し設計が進んだ段階における「パラメータ入力を簡略化する方法」を説明します．Quartus IIからPowerPlay Early Power Estimator用の設定ファイルを生成する機能を使います．

　図5のように，Quartus IIで設計中のプロジェクトを開いている状態で，メニューから「Project」→「Generate PowerPlay Early Power Estimator File」を選択すると，<プロジェクト名>_early_pwr.csvというCSV形式のファイルがプロジェクトのフォルダ内に生成されます．

　ここで生成したファイルをPowerPlay Early Power Estimatorのメイン・ページにあるボタン[Import Quartus II File]をクリックして読み込むことで，パラメータ設定を完了できます．なお，設定ファイルの読み込みに際して確認するウィンドウが表示されます(図6)．内容に問題がなければ[OK]をクリックします．すると，シートにパラメータが設定されます．

　設計前段階であったり，設計がまだあまり進んでいない段階で，元になる回路が存在しない場合は，ダミー回路を用いるのも一つの方法です．PLLやSDRAMコントローラであれば，Quartus IIのMegaWizard Plug-In Managerを使って回路を生成できます．これらの機能を使って実際のアプリケーションに近い形にしておけば，シートに設定を手入力するよりも簡単です．トグル率については，デフォルトの値が自動的に設定されます．

表1
サンプル・プロジェクトの仕様

項　目	内　容	備　考
使用デバイス	EP2S15F484C3	Stratix II
機　能	DDR SDRAM controller v3.4.0	Micron社MT46V8M16TG-75向け
動作周波数	133.333MHz	PLL/DLL各1個使用

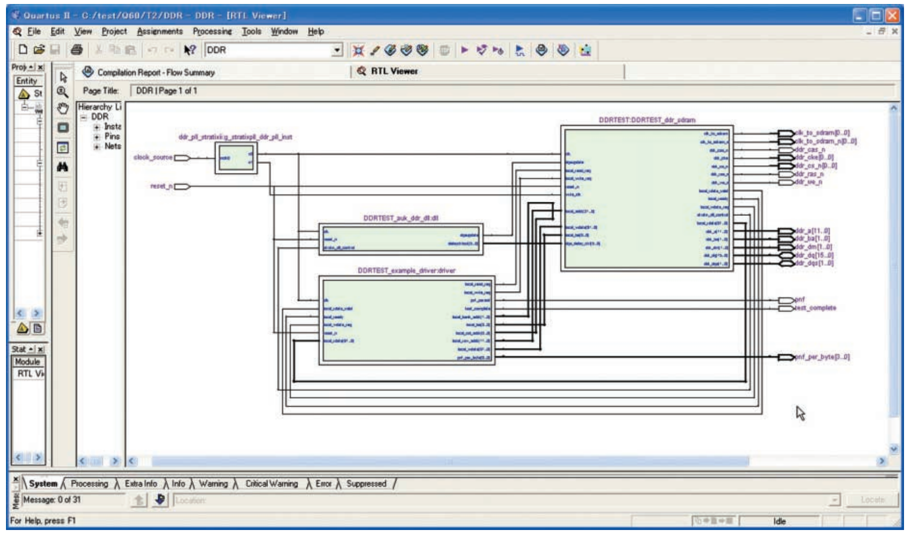


図9
サンプル・プロジェクトのトップ・レベルの回路
Quartus IIのRTL Viewerから見た回路構成．MegaWizardで生成されたブロックをそのまま使用したDDR SDRAMコントローラである

シートに設定を読み込んだ結果を**図7**に示します．設定内容については必要に応じて編集します．

各パラメータの確認を行ったら[View Report]ボタンをクリックして，消費電力の見積もり結果を確認します．View Reportの結果を**図8**に示します．各モジュールごとに消費電力が算出されているのがわかると思います．Totalは0.796Wとなっており，FPGAの消費電力がわかります．そのほか，熱関係(熱抵抗値など)の結果や各電源ごとの消費電流値も算出されます．この結果をもとにプリント基板設計の検討を行うことができます．

2 PowerPlay Power Analyzerの使いかた

PowerPlay Power Analyzerは，Quartus IIのほかの機能と違って複雑な設定を行う必要がないため，非常に簡単な印象を受けます．

● 見積もるプロジェクトを用意する

PowerPlay Power Analyzerでは，FPGAの設計データをそのまま使用します．PowerPlay Power Analyzerは，論理合成・配置配線結果から回路容量や機能ブロックごとの動作周波数，配線情報などを得て消費電力を解析します．

今回は簡単な回路をサンプルとして，PowerPlay Power Analyzerを試してみます．サンプル回路としてDDR SDRAMコントローラを使用します．これはMegaWizardで生成されたブロックをそのまま使用したものです．仕様を**表1**に示します．RTL Viewerから見た回路構成を**図9**に示します．なお，MegaWizardの操作については省略します．

図9に示した回路をそのままコンパイル(論理合成・配置配線)します．ここではクロックのみ設定します．まず，メニューから「Assignments」→「Setting」とクリックし，Setting画面を表示します．次にSetting画面からTiming Analysis Settingを選んで，設定画面を表示します．Clock Settingsから[Individual Clocks]ボタンをクリックするとクロック信号のタイミングを設定できます．ここでclock_source信号を133.333MHzと設定します．設定した状態を**図10**に示します．この操作で正常に終了したらPowerPlay Power Analyzerを実行する準備は完了です．

Quartus IIのコンパイル・ボタンをクリックし，コンパイルを実行します．

● 配置配線結果からの見積もりは1クリックでOK

コンパイルが完了したら，いよいよPowerPlay Power Analyzerの実行です．メニュー・バーの「Processing」→



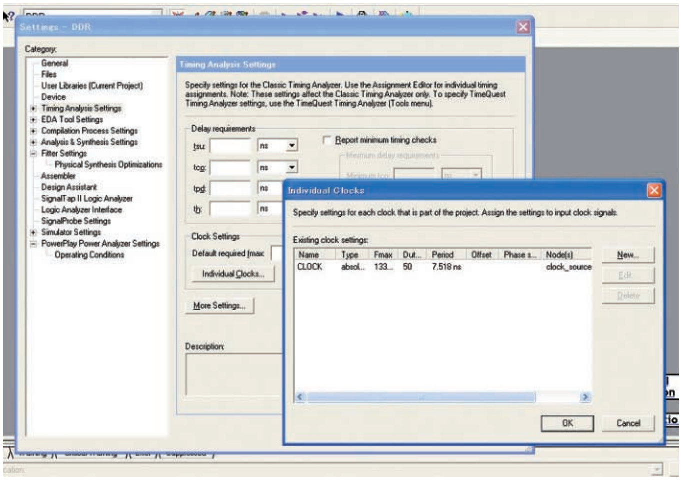


図10　クロックの設定
clock_source 信号を133.333MHzで設定する

「PowerPlay Power Analyzer」を選択すると，PowerPlay Power Analyzerが起動します(図11)．設定やツールの起動をすべてこの画面から行えます．まず，すべてがデフォルト設定で問題なければ，画面下にある[Start]ボタンをクリックし，消費電力の見積もりを実行します．

● シミュレーション結果からの見積もりではsafを使う

シミュレーション結果から生成したsaf(Signal Activity File)を利用してトグル率を確定することで，より正確な見積もりが可能となります．safの生成には2種類あります．実タイミング・シミュレーションとファンクション・シミュレーションの2種類です．実タイミング・シミュレーションのほうが精度が高くなりますが，時間がかかります．これらsafファイルはPowerPlay Power Analyzerを実行する前にあらかじめ生成しておく必要があります．

safファイルを生成するには，シミュレーションを実行する前にメニューから「Processings」→「Setting」を選択し，「Simulator Settings」の「Simulation mode」と「Simulation input」でシミュレーション・ファイル名を指定します(図12)．次に「Simulator Power」の設定画面(図13)からsafファイル名を指定します．これらの設定を行ってからシミュレーションを実行するとsafファイルが生成されます．そして生成されたsafファイルをInput file オプションで指定し，トグル率算出の元データとします．したがって，ここで指定するシミュレーション・ファイルはトグル率を意識して生成する必要があります．

Input file オプションを設定しない場合には，PowerPlay Power Analyzerの起動画面の下にあるDefault toggle rates for unspecified signals内で，入出力信号についてはDefault toggle rate used for input I/O signalsから固定値で，そのほかの信号については，Default toggle rate used for remaining signalsから固定値もしくはvectorlessでトグル率を指定することができます．Output file オプションは，解析中の活性化率を出力するファイル名を指定します．

各オプションについては，多少使いかたに手順は必要となりますが，結局すべてトグル率の算出に必要なものとなっています．一つのアプリケーションの中で信号の活性化はそれだけ重要な問題なのです．ここのところを理解していただければ消費電力解析ツールも非常に簡単なツールと言えるでしょう．

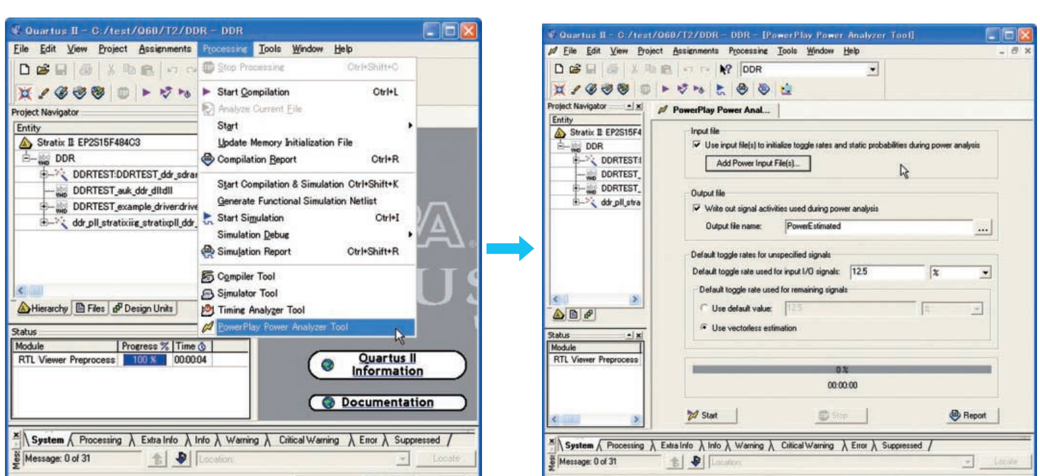


図11
PowerPlay Power Analyzer
配置配線結果からの消費電力の見積もりは，[Start]ボタンをクリックするだけで表示される

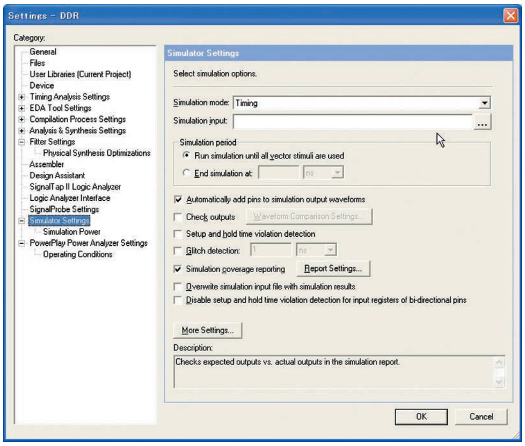


図12　safファイルの生成(1)
メニューから「Processings」→「Setting」を選択し,「Simulator Settings」の「Simulation mode」と「Simulation input」によりシミュレーション・ファイル名を指定する

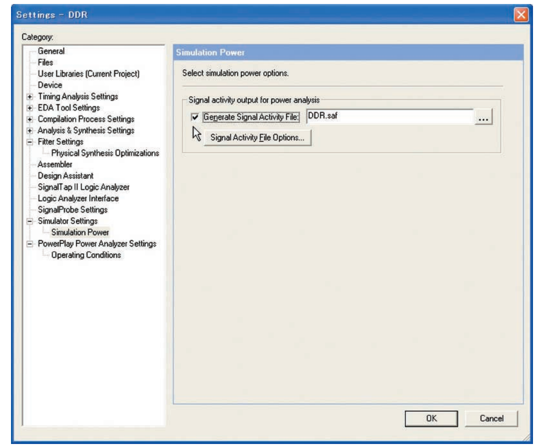


図13　safファイルの生成(2)
Simulator Powerではsafファイル名を指定する

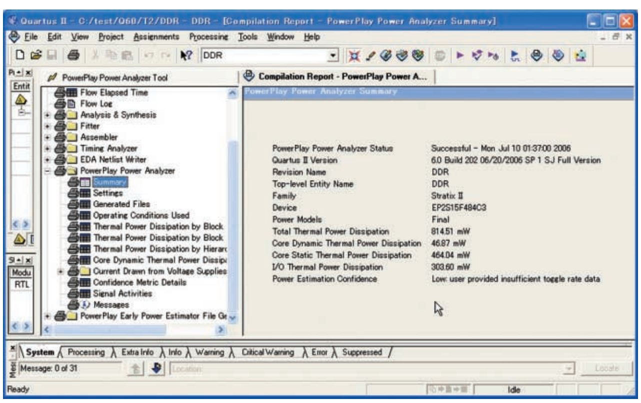


図14　Summary
Total,Dynamic,StaticとI/Oの各消費電力が表示される

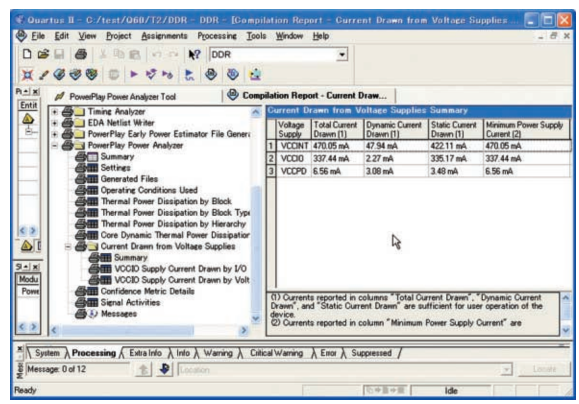


図15　Current Drawn from Voltage Supplies
各電源ピンごとの消費電流を確認できる

● 見積もり結果を見る

PowerPlay Power Analyzerを完了すると,コンパイル・レポートにPowerPlay Power Analyzerの項目が追加されます.まず,最初はSummaryを見ると思いますが,ここにはチップ全体やダイナミック,スタティック,I/Oの各消費電力が表示されます(**図14**).Current Drawn from Voltage Suppliesでは,各電源ピンごとの消費電流を確認できます(**図15**).また,Operation Conditions Usedでは,熱対策に関係する結果がレポートされています(**図16**).

必要に応じて各項目を参照すると思いますが,後の画面は各モジュール単位の消費電力を機能ごと,要素ごとにレポートしています.

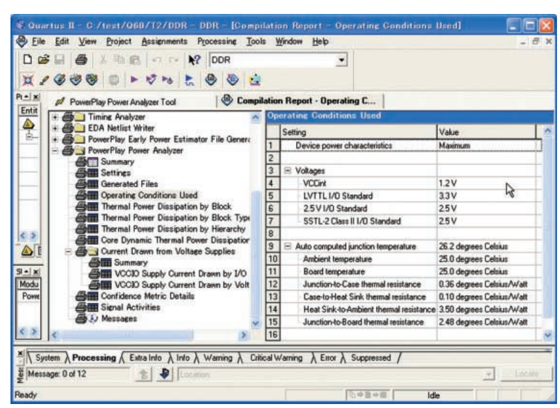


図16　Operation Conditions Used
熱対策に関係する結果がレポートされる

参考・引用*文献

(1) Altera社のWebサイト,http://www.altera.co.jp/

こばやし・けんじ　FPGA設計エンジニア